

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

CRECIMIENTO Y REPRODUCCIÓN EN LA DESCENDENCIA DE VACAS
PURAS Y CRUZAS PASTOREANDO ALTA O BAJA OFERTA DE CAMPO
NATURAL DURANTE GESTACIÓN Y LACTANCIA

por

Tomás BERRO STORAGE
Rodrigo BOCKING VIVO
Gonzalo PIANA INCIARTE
Agustín VERDIER PERRONE

TESIS presentada como
uno de los requisitos para
obtener el título de
Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO
URUGUAY
2021

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. DSC Ana Espasandin

Ing. Agr. Andrea Larracharte

Ing. Agr. Ana Guillenea

Fecha: 16 de septiembre de 2021

Autores:

Tomás Berro Storace

Rodrigo Bocking Vivo

Gonzalo Piana Inciarte

Agustín Verdier Perrone

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias y amigos por el constante apoyo a lo largo del transcurso de esta carrera.

A nuestra tutora Ing. Agr. PhD. Ana Espasandín, por su apoyo y dedicación a lo largo de este trabajo.

A la Ing. Agr. Andrea Larracharte, por el constante apoyo en la elaboración de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. OBJETIVOS.....	2
1.1.1. <u>Objetivo general</u>	2
1.1.2. <u>Objetivos específicos</u>	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. CRECIMIENTO Y DESARROLLO ANIMAL	3
2.2. FACTORES QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LOS TERNEROS	5
2.3. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE VACAS GESTANTES.....	6
2.4. PROGRAMACIÓN FETAL	7
2.5. DESARROLLO DE LOS PRINCIPALES TEJIDOS QUE COMPONEN LA CARCASA Y EL EFECTO DE LA PROGRAMACIÓN FETAL.....	8
2.5.1. <u>Desarrollo del tejido muscular durante la etapa de gestación</u>	8
2.5.2. <u>Efecto de la programación fetal sobre el desarrollo del tejido muscular</u>	11
2.5.3. <u>Desarrollo de tejido adiposo durante la etapa de gestación</u>	12
2.5.4. <u>Efecto de la programación fetal sobre el desarrollo del tejido adiposo</u>	13
2.5.5. <u>Desarrollo de tejido óseo durante la etapa de gestación</u>	14
2.6. EFECTO DE LA NUTRICIÓN MATERNA EN RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y REPRODUCTIVO DURANTE PERÍODO DE GESTACIÓN.....	16
2.6.1. <u>Efecto nutrición proteica</u>	16
2.6.2. <u>Efecto nutrición energética</u>	20

2.7. HIPÓTESIS.....	21
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	22
4. <u>RESULTADOS</u>	25
4.1. MOMENTO 1: NACIMIENTO	26
4.2. MOMENTO 2: DESTETE	28
4.3. MOMENTO 3: POST-DESTETE	30
4.4. MOMENTO 4: SOBREAÑO	32
4.5. MOMENTO 5: 12 A 18 MESES.....	34
4.6. MOMENTO 6: 18 A 24 MESES.....	35
5. <u>DISCUSIÓN</u>	40
6. <u>CONCLUSIONES</u>	43
7. <u>RESUMEN</u>	44
8. <u>SUMMARY</u>	45
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	46

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Efecto del nivel de proteína durante la gestación tardía sobre el peso y ganancia de peso de los terneros.....	17
2. Efecto del nivel de proteína durante la gestación tardía sobre la morfometría de los terneros al nacer	18
3. Efecto del nivel de proteína en la dieta durante la gestación tardía en la respuesta reproductiva de las hijas	19
4. Efecto de la concentración de proteína dietaria maternal durante la gestación tardía sobre características de la canal de novillos.....	20
5. PV, ganancia diaria y edad a la pubertad de terneras hijas de vacas en alto y bajo plano nutricional energético en el último tercio de gestación .	21
6. Número de individuos, números de registros y pesos promedio al nacer y al destete para Hereford, Angus y sus cruzas.....	23
7. Descripción de la base de datos.	24
8. Resultado de análisis de varianza general en terneros machos hijos de vacas de diferentes genotipos en pastoreo de alta y baja oferta de campo natural.	25
9. Resultado de análisis de varianza general en terneros hembras hijas de vacas de diferentes genotipos en pastoreo de alta y baja oferta de campo natural.	26
10. Resultado de análisis de varianza en terneros machos y hembras hijos de vacas de diferentes genotipos en pastoreo de alta y baja oferta de campo natural al nacimiento.	27

11. Media \pm desvío del PV al nacimiento según sexo, oferta de forraje y genotipo de la madre.	28
12. Resultado de análisis de varianza en terneros machos y hembras hijos de vacas de diferentes genotipos en pastoreo de alta y baja oferta de campo natural al destete.	29
13. Media \pm desvío del PV al destete según sexo, oferta de forraje y genotipo de la madre.	30
14. Resultado de análisis de varianza en terneros machos y hembras hijos de vacas de diferentes genotipos en pastoreo de alta y baja oferta de campo natural al post-destete.	31
15. Media \pm desvío del PV al post-destete según sexo, oferta de forraje y genotipo de la madre.	32
16. Resultado de análisis de varianza en terneros machos y hembras hijos de vacas de diferentes genotipos en pastoreo de alta y baja oferta de campo natural al sobreaño.	33
17. Media \pm desvío del PV al sobreaño según sexo, oferta de forraje y genotipo de la madre.	33
18. Resultado de análisis de varianza en terneros machos y hembras de 12 a 18 meses hijos de vacas de diferentes genotipos en pastoreo de alta y baja oferta de campo natural.	34
19. Media \pm desvío del PV según sexo, oferta de forraje y genotipo de la madre entre los 12 a 18 meses.	35
20. Resultado de análisis de varianza en terneros machos y hembras de 18 a 24 meses hijos de vacas de diferentes genotipos en pastoreo de alta y baja oferta de campo natural.	36
21. Media \pm desvío del PV según sexo, oferta de forraje y genotipo de la madre entre los 18 a 24 meses.	37

Figura No.

1. Crecimiento postnatal de los principales tipos de tejidos del ternero	4
2. Miogénesis en etapa embrionaria y fetal.....	10
3. Miogénesis primaria y secundaria durante el periodo de gestación del feto..	11
4. Evolución de peso de las hembras en los diferentes momentos evaluados..	38
5. Evolución de peso de los machos en los diferentes momentos	38

1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay, la producción ganadera de carne ocupa una superficie de 6.467.000 hectáreas, representando prácticamente el 40% de la superficie total del país, en aproximadamente 48.650 explotaciones tanto ganaderas como agrícola-ganaderas.

De estas, el 52% son criadoras, un 11% de ciclo completo, el 10% invernadoras y el restante lo completan las explotaciones orientadas a la recría (MGAP. DIEA, 2019).

Anualmente se producen 1.077.000 toneladas de carne vacuna, lo que incluye la faena de 2.112.000 cabezas y la exportación de 255.000 cabezas. La producción pecuaria en Uruguay alcanza el 5% del PBI total, siendo de suma importancia para el desarrollo económico (MGAP. DIEA, 2019).

Una vez presentados estos datos, se destaca la importancia de la cría de terneros en la producción ganadera del país. De todas formas, esta actividad se desarrolla sobre condiciones marginales que afectan en gran medida los resultados económicos de los establecimientos.

En la cría, sólo el 12,5% de la superficie cuenta con mejoramiento de pasturas (MGAP. DIEA, 2019). El resto se desarrolla sobre campo natural, la cual está condicionada por ciertas restricciones de calidad y disponibilidad de forraje en distintas estaciones del año. A la estacionalidad que presenta el campo natural en los suelos del Uruguay, donde se da la mayor oferta de forraje en primavera y la menor oferta de forraje en invierno, se le suma que esta última coincide con el último tercio de gestación de la vaca, cuando aumentan considerablemente los requerimientos energéticos.

Esta situación genera un balance energético negativo que afecta considerablemente la condición corporal (CC) de la vaca al parto y la producción de leche en la primera etapa de la lactancia, lo que a posteriori afecta la eficiencia reproductiva del rodeo y el desarrollo y crecimiento de las nuevas generaciones. Dada esta situación, se logran porcentajes de destete del 64% y una edad al primer entore de 36 meses para un gran porcentaje de las vaquillonas, lo que claramente marca las deficiencias del rubro y los aspectos a mejorar (Saravia et al., 2011).

Este crecimiento del ternero está dado también en gran medida por la nutrición de la madre durante la gestación. Esta puede afectar el crecimiento y desarrollo fetal debido al disminuido aporte de sustrato a través de la placenta

(Funston et al., 2010), el cual influye directamente en el peso al nacimiento del ternero. Asimismo, la nutrición materna durante la gestación puede programar el desarrollo del ternero y afectar su vida productiva posterior.

Se puede lograr aumentar la productividad con el manejo de ciertos factores ambientales y genéticos, e incidir favorablemente en el crecimiento de los terneros. A modo de ejemplo, con el manejo de estos factores se puede lograr una aptitud reproductiva más precoz, por lo tanto, mayor número de terneros destetados por vaca. Esto permite disminuir el intervalo generacional, el cual permite aumentar la intensidad de selección, por ende, un mayor progreso genético.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Estudiar el crecimiento de la descendencia de vacas puras Hereford (HH), Angus (AA) y sus cruzas (HHxAA y AAxHH) que recibieron distintas ofertas de forraje durante la gestación y lactación.

1.1.2. Objetivos específicos

Analizar y comparar la evolución de PV tanto en machos como en hembras hijos de madres de diferentes genotipos y oferta de forraje.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CRECIMIENTO Y DESARROLLO ANIMAL

El crecimiento animal es uno de los aspectos más importantes al momento de evaluar la productividad en las explotaciones dedicadas a la producción de ganado de carne. Esto se basa en que de éste depende directamente la cantidad de carne que va a producir un animal y, por ende, un predio.

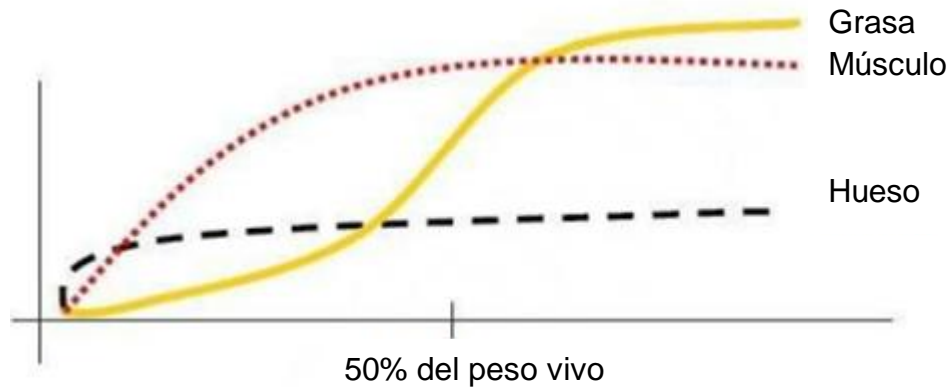
Se entiende por crecimiento al aumento de peso experimentado por los animales desde el nacimiento hasta su estabilización en la edad adulta y por desarrollo, a las modificaciones que experimentan las proporciones, conformación, composición química corporal y funciones fisiológicas del animal a medida que su edad avanza (Hammond, 1960).

La eficiencia alimenticia es una característica muy importante en el ganado desde el punto de vista productivo; esta se refiere a la cantidad de materia seca de alimento requerida por unidad de peso ganado. Depende mayormente del costo de mantenimiento, del nivel de consumo y del tipo de tejido retenido. A mayor consumo, mayor eficiencia de conversión porque se diluye el costo de mantenimiento que tiene un animal (Di Marco, 1998).

El aumento de peso del animal resulta de tres causas: metaplasma, hiperplasia e hipertrofia. Hiperplasia es conocida como la multiplicación celular, metaplasma como la transformación de las células e hipertrofia como aumento del tamaño de las células. Diversos factores pueden estimular o inhibir el crecimiento. Si aparecieran efectos inhibidores de crecimiento, entonces se detiene el proceso de hiperplasia y, por ende, el crecimiento se anula (Hammond, 1960). Y si no se tiene ningún factor, el organismo sigue el mecanismo de multiplicación constante de células y luego entonces se produce la hipertrofia.

Muchos autores han definido al crecimiento de los vacunos desde nacimiento hasta la etapa de adulto como una curva sigmoidea, en la que la mayor velocidad se registra desde nacimiento hasta alcanzar la pubertad. Después crece con incrementos decrecientes hasta que logra estabilizarse en la edad madura (Berlanga et al. 1995, Lawrence y Fowler 1997). En la figura No. 1 se presenta el crecimiento de los diferentes tipos de tejidos del animal en función del tiempo desde el momento de su nacimiento.

Figura No. 1. Crecimiento postnatal de los principales tipos de tejidos del ternero



Fuente: tomado de Simeone y Beretta (2005).

Como se mencionó anteriormente, la subnutrición afecta el crecimiento y desarrollo del ternero. En cuanto al desarrollo, es el cambio en la conformación corporal con funciones y facultades del animal hasta que alcanza su madurez (Gorrachategui, 1997). Hammond (1960) establece que no todos los órganos, piezas anatómicas y tejidos del animal tienen la misma velocidad de crecimiento en un momento dado. Según la edad del animal, cada uno va a tener su velocidad de crecimiento característica. El máximo crecimiento de los tejidos se da en orden, siendo primero el tejido nervioso, después el tejido óseo, luego tejido muscular y por último el tejido graso. Por lo tanto, si hay una restricción en el alimento, el primer tejido que se verá afectado es el tejido graso. Además, una subnutrición materna durante la gestación puede tener consecuencias a largo plazo a nivel metabólico de insulina-glucosa, el cual afecta el rendimiento de la descendencia como aumento de la adiposidad, reducción de crecimiento, calidad de carne reducida y rendimiento reproductivo reducido (Ford et al., 2007).

En la literatura se han reportado diferencias según la raza del animal. Las razas británicas van a tener una velocidad de maduración media y razas continentales una tasa de maduración tardía. Estas últimas comienzan tardíamente a depositar grasa en comparación con las británicas, por lo tanto, las razas británicas van a tener menor relación músculo grasa.

La regulación del crecimiento y desarrollo está dada por la acción de la hormona de crecimiento (GH) y es mediado por receptores unidos a la membrana plasmática (GHR) que desencadena múltiples señalizaciones intracelulares (Herrington et al., 2000), y en el que hay dos en especial encargadas de la

regulación de varios genes: Janus Kinasa 2 (JAK2) y el activador de transcripción 5 (STAT5), siendo este último esencial para la expresión del gen IGF1.

El gen IGF1 es el encargado de regular el crecimiento muscular mediante acciones anabólicas y metabólicas e interviene en la miogénesis durante el desarrollo (Phillippou et al. 2007, Dayton y White 2008).

El crecimiento muscular también se puede deber al resultado del aumento de la fusión de mioblastos en miotúbulos. Sin embargo, Ge et al. (2012), observaron que al agregar GH en cultivo celular no se vio efecto en la producción de esta fusión. Coincidiendo con lo hallado in vivo por Vann et al. (1998), quienes observaron que la administración de GH exógena no tuvo efecto sobre el número de núcleos por miofibras en el ganado. Es así que la GH promueve el crecimiento del músculo por estímulo en la síntesis proteica sin afectar el número de núcleos por miofibras ni el número de fibras por músculo (Vann et al. 2001, Ge et al. 2012).

2.2. FACTORES QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LOS TERNEROS

Son varios los factores que influyen sobre el crecimiento y desarrollo de los terneros y terneras hasta el destete. Estos se pueden clasificar en genéticos o ambientales.

Los factores genéticos que explican las diferencias de peso y desarrollo al destete son: el sexo, raza (heterosis individual y maternal) y la depresión endogámica. Los factores ambientales serían: la época de parto, efecto año, número de partos de la madre, así como su condición corporal.

El sexo es uno de los principales factores que va a determinar el crecimiento y desarrollo del animal. Hay varios trabajos en los que se investigó la diferencia de peso y conformación entre machos y hembras. La mayoría de los trabajos concluye que los machos tuvieron mayor peso al destete que las hembras, debido principalmente al dimorfismo sexual de la especie y las diferencias hormonales (testosterona en los machos). Según Martínez-González et al. (2011), los terneros machos superaron en 6,1 kg a las hembras al destete para la raza Angus.

Para este trabajo, como se mencionó anteriormente, se evaluó el desempeño de animales Angus, Hereford, cruzas Angus-Hereford y Hereford-Angus. No se espera que haya diferencias en el desarrollo entre ambas razas o con descendientes de cruzas simples, pero sí una superioridad de los

animales hijos de madres cruzas (AH y HA), casos en el que el efecto materno puede aumentar en un 10% el peso al destete comparado con madres puras Hereford (Gimeno et al., 2002).

Si se comparan características como: producción de leche, peso al nacer (PN), peso al destete (PD) y tasa de ganancia diaria (TGD) entre vacas primíparas y múltiparas, es de esperar que se vea una superioridad en las últimas mencionadas. La principal causa de estas diferencias es que las vacas primíparas aún están creciendo y, por lo tanto, destinan menos nutrientes al feto (afecta el PN) y a la producción de leche (Briano et al., 2013).

La condición de la madre es un factor que tiene gran efecto sobre el crecimiento y desarrollo de la descendencia. Vacas con alta oferta de forraje antes del parto tienen una mayor producción de leche que vacas con baja oferta (5.4 ± 0.2 kg/d vs. 4.6 ± 0.2 kg/d). Por más que no se ha encontrado correlación entre la asignación de forraje y el PN, sí se expresan diferencias en la TGD y en el peso a los 55 días post parto. Estas diferencias se van diluyendo a medida que la leche deja de ser la principal fuente de alimento de los terneros, al punto que no se encuentran diferencias de PD (Briano et al., 2013).

2.3. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE VACAS GESTANTES

Los requerimientos nutricionales son la cantidad de nutrientes (agua, energía, proteínas, vitaminas y minerales) necesarios para cumplir con sus necesidades de mantenimiento, crecimiento y reproducción (gestación y lactación). Todas estas varían según el sexo, raza, peso, clima, estado fisiológico etc. Este trabajo se va a centrar en vacas Angus, Hereford y sus cruzas en gestación y lactación.

En primer lugar, están los requerimientos de mantenimiento, que son los requerimientos nutritivos destinados para sostener el funcionamiento normal de los procesos biológicos vitales como metabolismo basal, respiración y actividad. Estos requerimientos no varían según el animal esté gestando, lactando o creciendo y aumentando de peso.

Luego de cubrir todos los requerimientos para el mantenimiento, se comienzan a satisfacer los requerimientos de producción.

Como se mencionó anteriormente, los distintos tejidos crecen a velocidades diferentes según la edad del animal. Es por esto que también varían los requerimientos nutricionales y su calidad. Para las vaquillonas de primera cría

los requerimientos son mayores ya que aún sigue creciendo, a diferencia de las vacas multíparas.

Durante el último tercio de la gestación es cuando se dan los mayores requerimientos nutricionales, ya que se da el mayor crecimiento del útero, feto y placenta, especialmente en las últimas 6 a 8 semanas, alcanzando los 70 - 80 kg (aproximadamente 40-45 kg corresponden al feto, Lanuza, 2006). Además del aumento en los requerimientos, sobre el final de la gestación y al inicio de la lactancia, se da una disminución en el consumo, principalmente explicada por el hecho de que el útero desplaza casi un tercio del volumen ocupado por el rumen, presentando una limitante física para el consumo.

2.4. PROGRAMACIÓN FETAL

Barker (1986), fue el primero en estudiar en profundidad el tema al observar que en las regiones más pobres de Gran Bretaña la mortalidad infantil por problemas cardiovasculares y otras enfermedades era mayor que en las regiones más ricas. Esto lo llevó a investigar si dicha situación estaba dada por la nutrición de las madres durante la gestación y así se formó su hipótesis que se basaba en que el ambiente en que se desarrollaba el feto afectaba la calidad de vida posterior del individuo. Así se empezó a investigar sobre la programación fetal, primero en humanos y después las mismas inquietudes se trasladaron a los animales.

La programación fetal en bovinos es definida como la respuesta a un desafío específico ocurrido durante un período de tiempo crítico del desarrollo fetal, que altera la trayectoria del desarrollo cualitativamente, cuantitativamente o ambos, produciendo efectos persistentes en la vida del animal (Nathanielsz et al., citados por Dhu y Zhu, 2009a).

A su vez, según Banchemo et al. (2015), la programación fetal relaciona condiciones ambientales durante el desarrollo embrionario y fetal con riesgo de enfermedades en etapas posteriores de la vida, que se traducen en menor productividad; menor producción de carne y demora en la reproducción.

El ambiente fetal está influenciado por varios factores y en los animales se destacan: estrés calórico, sobrenutrición y subnutrición. Dichos factores, si bien no tienen incidencia en el genoma como tal del animal, pueden afectar la expresión de genes de manera que tiene un efecto duradero en las funciones metabólicas. El factor crítico es que la programación fetal es transmitida a las siguientes generaciones. Sin embargo, el mecanismo molecular que está

involucrado en la programación fetal está lejos de ser comprendido (Banchero et al., 2015).

2.5. DESARROLLO DE LOS PRINCIPALES TEJIDOS QUE COMPONEN LA CARCASA Y EL EFECTO DE LA PROGRAMACIÓN FETAL

En el sistema de producción cárnico, la carcasa o canal es la unidad de producción y comercialización entre los componentes que integran la cadena cárnica. *“La canal es el producto primario; es un paso intermedio en la producción de carne, que es el producto terminado. La canal es un continente cuyo contenido es variable y su calidad depende fundamentalmente de sus proporciones relativas en términos de hueso, músculo y grasa”* (INAC, 2012). Por lo tanto, es importante conocer cómo la nutrición materna en el periodo de gestación afecta el desarrollo de estos tejidos en la progenie, ya que estos serán determinantes del rendimiento productivo y económico en los sistemas de producción de bovinos para carne. A continuación, se detallan los principales factores determinantes del desarrollo del tejido muscular (miogénesis), adiposo (adipogénesis) y del tejido óseo (osteogénesis), y el efecto de la programación fetal sobre dichos procesos.

2.5.1. Desarrollo del tejido muscular durante la etapa de gestación

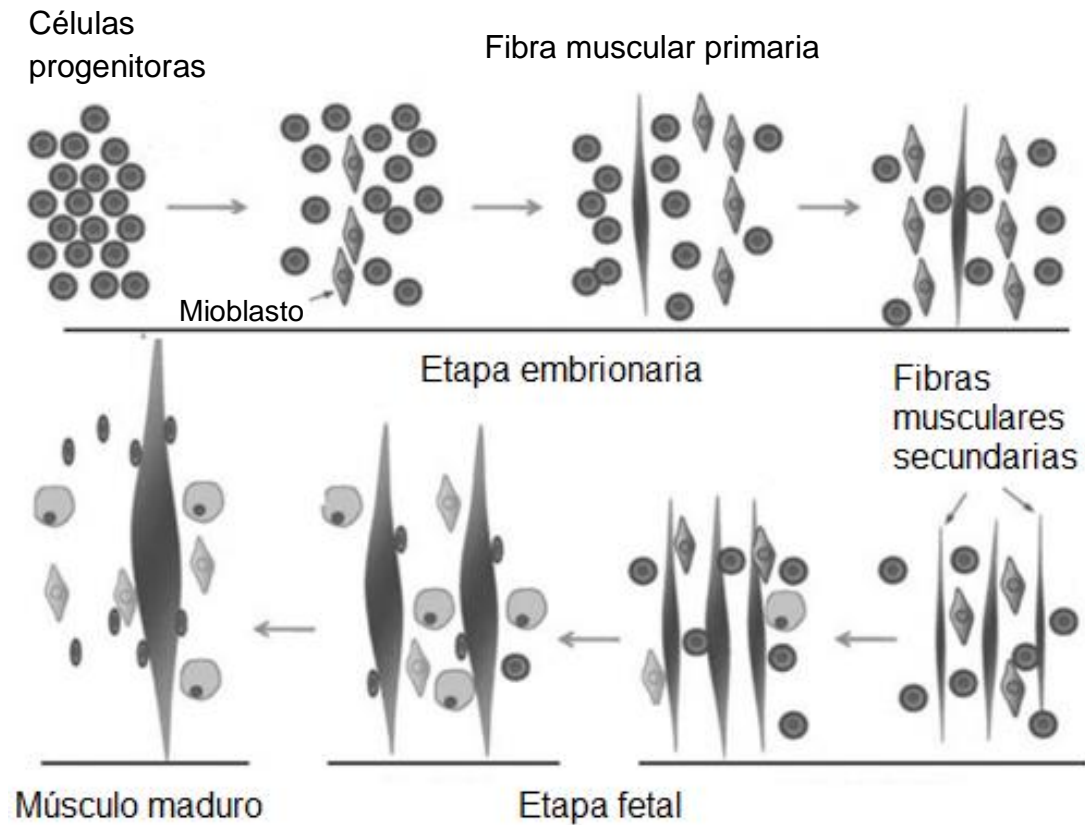
La formación del tejido muscular es un proceso muy importante en la determinación de la calidad de la canal, ya que en esta se busca una proporción máxima de carne, mínima de hueso y una proporción óptima de grasa para de esta manera maximizar los resultados económicos.

Las fibras musculares o miofibrillas son las unidades estructurales del músculo esquelético. La formación de nuevas fibras musculares se denomina miogénesis, un proceso de diferenciación en el que las células madre multipotentes se convierten en células musculares comprometidas (Yan et al., 2013). Este proceso de desarrollo de las células musculares en el propio tejido muscular se puede dividir en dos etapas: miogénesis primaria y miogénesis secundaria. La miogénesis primaria ocurre en la etapa embrionaria, que se caracteriza por la formación de fibras musculares primarias. La miogénesis secundaria ocurre en la etapa fetal y posnatal asociada principalmente con la activación de células satélite y su participación en el crecimiento muscular y la reparación del daño (Lee et al., 2010). En esta última etapa se determina la formación de fibras musculares secundarias.

Durante la etapa embrionaria de la miogénesis, las células progenitoras también llamadas células satélites (poseen la habilidad de diferenciarse en un tipo específico de células, pero a diferencia de las células madre poseen menor potencialidad) estarán involucradas en una etapa de proliferación dando lugar a mioblastos (células mononucleadas). Esta etapa implica la activación, proliferación y diferenciación de varias cepas de células progenitoras que dependen de la expresión y actividad de factores de transcripción, conocidos como factores de regulación miogénica (Moreira et al., 2019).

Esta fase, durante la cual todavía existen mioblastos activos (no fusionados) con capacidad mitótica, se conoce como etapa de desarrollo hiperplásico muscular. Posteriormente, los mioblastos se alinean y fusionan entre sí dando lugar a la formación de una estructura multinucleada conocida como fibra muscular primaria (figura No. 2). La cantidad de fibras musculares primarias desarrolladas en la etapa embrionaria es muy limitada y funciona como base para la formación de fibras musculares secundarias. Debido a que los mioblastos derivan de células progenitoras miogénicas, un aumento en la duración e intensidad de la etapa de proliferación de las células progenitoras generará un mayor número de mioblastos, que se fusionan para formar más fibras musculares de mayor tamaño. Sin embargo, debido al hecho de que sólo se forma un número muy limitado de miofibrillas (fibras musculares) primarias durante la etapa embrionaria, su contribución al tamaño total del músculo y al número de miofibrillas de la descendencia es insignificante (Dhu et al., 2009b).

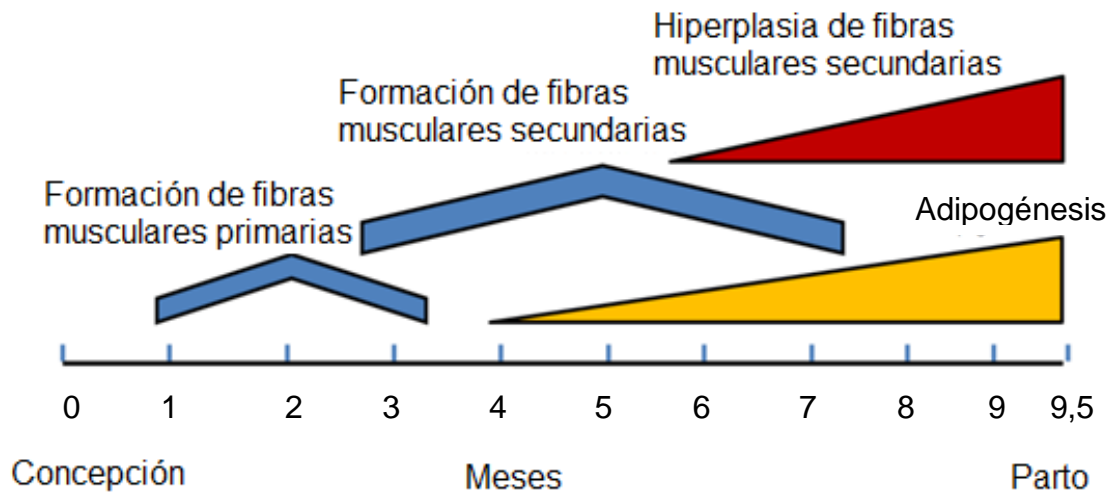
Figura No. 2. Miogénesis en etapa embrionaria y fetal



Fuente: tomado de Dhu et al. (2009b).

La etapa fetal de la miogénesis es considerada la más importante de este proceso, ya que la mayoría de las fibras musculares que componen el tejido son formados en esta etapa. En esta se genera una segunda generación de precursores multinucleados llamados fibras fetales secundarias que se forman a partir de una nueva generación de mioblastos más tardíos (miogénesis secundaria, Corrales, 2018). De acuerdo con lo revisado por Picard et al. (2002), el número de fibras musculares primarias en bovinos está controlado principalmente por factores genéticos del animal. Por otro lado, el número de fibras musculares secundarias está asociado principalmente por el control epigenético como la nutrición materna.

Figura No. 3. Miogénesis primaria y secundaria durante el período de gestación del feto



Fuente: adaptado de Dhu et al. (2009b).

Anteriormente se describió la etapa fetal como la más importante en el desarrollo del tejido muscular durante la etapa de gestación, debido a que en esta etapa es en la que se genera el mayor número de mioblastos (proceso conocido como hiperplasia) que posteriormente dará la formación de las fibras musculares. Analizando la figura No. 3, se observa claramente que el proceso de hiperplasia de células musculares se torna realmente importante a partir del sexto mes de gestación, continuando esta magnitud hasta el momento del parto prácticamente. Por lo tanto, el número de fibras musculares al nacer es de importancia crítica porque el número de fibras musculares se fija en este punto (Zhu et al., 2006).

El crecimiento muscular post-natal está caracterizado por el aumento en el tamaño de las fibras musculares y no en la formación de nuevas fibras. Las nuevas fibras musculares generadas durante la etapa adulta son sólo para reemplazar las fibras musculares lesionadas (Yan et al., 2013).

2.5.2. Efecto de la programación fetal sobre el desarrollo del tejido muscular

El músculo esquelético tiene una prioridad más baja en la repartición de nutrientes con respecto al cerebro, corazón y otros órganos vitales durante la formación del feto, lo que lo predispone ante una situación de deficiencia de nutrientes a una mayor vulnerabilidad (Zhu et al., 2006).

Ramírez et al. (2020), realizaron un estudio en el que se compararon los efectos sobre el rendimiento, las características de la canal y la calidad de la carne de la progenie de vacas sometidas a diferentes niveles de restricción energética en el último período de gestación. Los resultados arrojaron una disminución lineal de peso de nacimiento de los terneros a medida que aumentaba el nivel de restricción alimentaria. A su vez, en el mismo estudio, aquellos terneros con menor peso al nacer presentaron pesos al destete menores al igual que menores ganancias diarias.

Estos resultados coinciden con los de Stalker et al. (2007), quienes encontraron que terneros machos nacidos de vacas que recibieron suplementos de proteínas eran más pesados que los machos nacidos de vacas no suplementadas, presentando además canales más pesadas. Estudios similares evaluaron el desempeño de las vaquillonas nacidas de vacas suplementadas con 0,454 kg/día de suplemento proteico durante el final de la gestación. En esos estudios, los pesos al destete y los pesos ajustados para 205 días de edad fueron mayores para vaquillonas nacidas de vacas que recibieron suplementos de proteínas. Además, las vaquillonas nacidas de vacas que se suplementan alcanzaron la pubertad antes y lograron porcentajes mayores de preñez. Claramente estos estudios sugieren que durante el transcurso del último tercio de gestación una restricción nutricional, principalmente proteica, afecta los niveles de rendimiento posteriores en la progenie por un menor desarrollo del tejido muscular.

2.5.3. Desarrollo de tejido adiposo durante la etapa de gestación

El tejido adiposo en la industria cárnica es de gran importancia ya que se trata de un componente que afecta tanto en la calidad de la carne como en la calidad, composición y valor comercial de la canal. El músculo esquelético se compone de diferentes tipos de células, las fibras musculares, los adipocitos, las células del tejido conectivo, endoteliales y del tejido nervioso, siendo el principal componente de este las fibras musculares y en menor medida, pero no menos importante, los demás tejidos.

En el ganado el proceso de formación del tejido adiposo o grasa es denominado adipogénesis. Este proceso se refiere al proceso de diferenciación de las células precursoras en preadipocitos y finalmente en adipocitos capaces de llenarse con lípidos, así como la expresión y secreción de innumerables hormonas y citocinas (Houseknecht et al., 2002).

Existen cuatro sitios fundamentales de depósito de grasa en los animales: visceral, subcutáneo, intermuscular e intramuscular. Debido a las condiciones de comercialización de la carne, los principales estudios sobre el efecto de la nutrición materna en periodo de gestación se enfocan en la deposición de la grasa intramuscular, la cual determinará el marmoleo de la carne que aumenta su calidad y valor.

Como ya fue mencionado anteriormente, las células del músculo esquelético y los adipocitos derivan de células madre pluripotentes del mesodermo. A mitad de la gestación, hay un gran número de células pluripotentes en el músculo fetal que pueden diferenciarse tanto en células miogénicas como en células adipogénicas. La mayoría se convierte en células miogénicas, sin embargo, una pequeña porción de estas células en el esqueleto fetal del músculo se diferencia en adipocitos, dando lugar a la grasa intramuscular (Du et al., 2009).

En la figura No. 3 se puede observar que la adipogénesis comienza aproximadamente en la mitad del período de gestación y el mismo se extiende hasta el parto del ternero. En la etapa fetal, el proceso principal es aumentar el número de adipocitos (hiperplasia), ocurriendo principalmente entre la mitad de gestación y el nacimiento. El proceso de hipertrofia de los adipocitos por acumulación de triglicéridos se desarrolla principalmente luego del nacimiento, siendo este el que contribuye en mayor medida a la deposición de la grasa intramuscular que la hiperplasia (Park et al., 2018).

El momento de desarrollo de la adipogénesis coincide con el momento de mayor desarrollo de la miogénesis, lo que sugiere una competencia entre estos dos procesos dado que ambos se desarrollan a partir del mismo pool de células progenitoras. Aunque aún no se ha investigado en profundidad esta competencia entre procesos, según Du et al. (2015), existe un factor regulador de la adipogénesis llamado Zfp423 que podría determinar una mayor o menor diferenciación adipogénica según la concentración en células vasculares del estroma. Una sobreexpresión de Zfp423 en estas células aumentó la diferenciación adipogénica, mientras que la caída de Zfp423 atenuó la capacidad adipogénica. Además, una mayor diferenciación adipogénica debido a una mayor expresión de Zfp423 redujo la fibrogénesis.

2.5.4. Efecto de la programación fetal sobre el desarrollo del tejido adiposo

En 2010, Underwood et al. observaron el efecto de la nutrición materna en el desarrollo del tejido graso intermuscular e intramuscular entre los días 120 y 180 de gestación. Se midieron dos grupos de vacas: un grupo fue sometido a

una alimentación en base a una pastura mejorada y el otro grupo fue sometido a una alimentación basada en campo natural. Se midió el grosor de la grasa en la 12^a. costilla como indicador del tejido graso intermuscular y una escala de marmoleado para el tejido intramuscular. El grosor de la grasa ajustado en la 12^a. costilla fue mayor para las canales en las pasturas mejoradas en comparación con las canales en pasturas naturales, pero la puntuación de marmoleado fue similar entre los dos tratamientos. Por lo tanto, estos resultados sugieren que una alimentación diferencial de la vaca durante este período de gestación tiene efecto únicamente en el desarrollo del tejido subcutáneo, no viéndose afectada la deposición de la grasa intramuscular.

En este mismo estudio también se investigó si el plano de nutrición gestacional en el ganado pudo alterar el número y tamaño de los adipocitos. Los resultados arrojaron que las secciones de tejido adiposo subcutáneo de novillos cuyas madres fueron alimentadas con pasturas mejoradas tuvieron un mayor número de adipocitos. El diámetro medio de los adipocitos también fue una variable a medir, pero no se encontraron diferencias entre tratamientos. En conclusión, estos resultados indican que el aumento del grosor de la grasa de estos animales puede deberse a un mayor número de adipocitos, posiblemente afectados por la nutrición gestacional.

En otro estudio realizado por Radunz (2009), en el que se alimentaron tres grupos de vacas durante el comienzo hasta el día 209 de gestación con tres planes de alimentación diferentes (un grupo fue alimentado con heno, otro con granos de maíz y otro con granos de destilería) se encontraron diferencias en cuanto al contenido de grasa intramuscular en la progenie, teniendo cada tratamiento una puntuación de marmoleado diferente. En este mismo estudio también se midió la grasa intermuscular en la 12^a. costilla, pero no se encontraron diferencias significativas.

Por lo tanto, estos estudios sugieren que una alimentación diferencial en términos energéticos tanto a nivel de restricción de nutrientes como a nivel de alimentos diferentes tienen un efecto en la deposición del tejido graso tanto inter como intramuscular, por lo que se podría controlar los niveles de grasa de la progenie a través de una alimentación diferencial de la vaca gestante.

2.5.5. Desarrollo de tejido óseo durante la etapa de gestación

Como ya fue mencionado, la calidad de la canal depende fundamentalmente de sus proporciones relativas en términos de hueso, músculo y grasa, por lo que los huesos que constituyen el esqueleto del animal es un componente esencial para definir la calidad de ésta. En efecto, el sistema de

clasificación y tipificación usados en los frigoríficos para catalogar las canales evalúa su conformación, refiriéndose a la relación entre las masas musculares y el esqueleto, siendo entonces la conformación una estimación del rendimiento cárnico neto de la canal (INAC, 2012).

Tygesen et al. (2007) estudiaron el efecto de la subnutrición materna en el último tercio de la gestación en corderos, y observaron que una desnutrición de la oveja en este período de gestación genera un efecto en el desarrollo del hueso del cordero. Este efecto se manifestó principalmente en el largo del fémur, que fue mayor en aquellos corderos cuyas madres no sufrieron una restricción nutricional. De todas maneras, este efecto no se observó en todos los huesos medidos, ya que no se encontró efecto alguno en el largo de las costillas. Estos resultados no coinciden con los presentados por Osgerby et al. (2002), quienes mencionan que fetos cuyas madres presentaron una restricción alimentaria del 70% de los requerimientos presentaron un largo de fémur y metatarso mayor en fetos de 90 días, mientras que reduce la longitud del húmero y de la escápula en fetos de 135 días.

Por último, y en contraste con los resultados anteriormente presentados, Jennings et al. (2016) observaron que no hubo diferencias en términos del desarrollo óseo, medido como largo del fémur y peso del fémur del feto (180 días de gestación) al someter a madres a tres distintos tratamientos de dieta diferenciales en cuanto a requerimientos nutricionales en el periodo de 85 a 180 días de gestación. No hubo diferencias significativas en aquellas madres con una restricción de los requerimientos nutricionales de mantenimiento del 72% en comparación con aquellas madres sometidas a una dieta que cumplía con el 146% de los requerimientos nutricionales de mantenimiento.

Por lo tanto, y a raíz de estos resultados se puede concluir que los diferentes tratamientos nutricionales durante la gestación, especialmente la desnutrición intrauterina que es el sujeto de estudio, no tiene un efecto claro en el desarrollo del tejido óseo de los diferentes huesos de la progenie.

2.6. EFECTO DE LA NUTRICIÓN MATERNA EN RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y REPRODUCTIVO DURANTE PERÍODO DE GESTACIÓN

La nutrición materna durante la gestación influye en el desarrollo y funcionamiento de muchos sistemas biológicos de su descendencia, incluido el reproductivo, con efectos permanentes después del nacimiento (Mossa et al., 2012).

Según Mossa et al. (2012), el medio ambiente que rodea a los mamíferos durante la vida fetal ejerce una profunda influencia en su desarrollo, en su función fisiológica y en su riesgo de sufrir enfermedades en la vida adulta.

Es de esperar que una no adecuada nutrición durante el período de gestación afecte posteriormente la productividad de los terneros nacidos. Por un lado, es de esperar que cuando se utilizan dichos terneros en recría y engorde, estos tengan menores valores esperados. A su vez, en hembras cuyo destino es reproductivo, es esperable que se comporten de distinta manera, teniendo un mayor periodo de tiempo al primer celo lo que provoca una improductividad en el rodeo de cría.

2.6.1. Efecto nutrición proteica

Maresca et al. (2019) realizaron un trabajo acerca de la programación fetal, en el cual estudiaron la importancia de la nutrición tanto proteica como energética durante la gestación y sus futuras consecuencias.

Se ha determinado que una restricción proteica durante la gestación afecta ligeramente el peso de los terneros al nacer, siendo un poco más pesados los terneros hijos de las vacas que tuvieron una alta ingesta de proteínas. Sin embargo, no se ven diferencias en los pesos al destete ni en pesos ajustados a los 205 días post nacimiento (Maresca et al., 2019). La ganancia diaria de PV desde el nacimiento hasta el destete o los 205 días no se vio influenciada por los tratamientos.

Cuadro No. 1. Efecto del nivel de proteína durante la gestación tardía sobre el peso y ganancia de peso de los terneros

Ítem	Tratamientos				MSE	P - valor		
	BP		AP			Trt ₂	Sexo	Trt x sexo
	Machos	Hembras	Machos	Hembras				
PV, kg								
Nacimiento	27,8	25,4	29,3	27,9	1,1	0,06	0,08	0,64
Ajust. 45 días	76,5	65,8	76,3	73,3	2,4	0,13	<0,01	0,12
Destete	227	212	223	220	8	0,79	0,17	0,36
Ajust. 205 días	219	202	218	213	8	0,45	0,11	0,39
GDPV, kg/d								
Nac. a 45 días	1,08	0,9	1,00	1,03	0,04	0,55	0,07	0,02
45 días a destete	0,89	0,86	0,87	0,88	0,03	0,98	0,74	0,39
Nac. a destete	0,93	0,86	0,92	0,9	0	0,66	0,14	0,42

Fuente: tomado de Maresca et al. (2019).

Por otro lado, sí se observaron diferencias en la circunferencia de cabeza, torácica y de metatarso, siendo mayores en hijos de vacas que consumieron una dieta alta en proteínas respecto a las que consumieron una dieta baja en proteínas. El nivel de nutrición proteica afectó el crecimiento fetal de forma asimétrica (Maresca et al., 2019).

Cuadro No. 2. Efecto del nivel de proteína durante la gestación tardía sobre la morfometría de los terneros al nacer

Ítem	Tratamientos				MSE	P - valor		
	BP		AP			Trt ²	Sexo	Trt x sexo
	Machos	Hembras	Machos	Hembras				
Circ. cefálica, cm	45,6	44,2	46,6	46,5	0,6	<0,01	0,2	0,28
Circ. torácica, cm	72,5	68,6	73,7	72,6	1	0,01	0,02	0,17
Circ. metatarso, cm	10,9	10,6	11,5	10,8	0,2	0,02	0,01	0,24
Largo, cm	75,9	71,7	75,1	74,3	1,4	0,49	0,07	0,21
Alto, cm	61	58,9	60,3	60,3	0,9	0,74	0,29	0,3

Fuente: tomado de Maresca et al. (2019).

Por otro lado, se estudió cómo afecta la nutrición proteica durante la gestación a la progenie hembra durante su crecimiento y futura fertilidad. Las vaquillonas hijas de las vacas que tuvieron una nutrición alta en proteínas tuvieron una mayor ganancia diaria desde el nacimiento hasta la pubertad, también una mayor área de ojo de bife. Sin embargo, no se observaron diferencias en la edad en que las vaquillonas alcanzaron la pubertad. Sí hubo diferencias en el peso que alcanzaron la pubertad, siendo mayor en vaquillonas hijas de vacas que tuvieron una alta ingesta de proteína (cuadro No. 2). Esta explicación puede estar dada porque dichas vaquillonas habían alterado el crecimiento y la composición corporal (Maresca et al., 2019).

Cuadro No. 3. Efecto del nivel de proteína en la dieta durante la gestación tardía en la respuesta reproductiva de las hijas

Ítem	Tratamientos		Valor P
	LP	HP	
Edad a la pubertad (días)	435 ± 10	435 ± 10	0,98
PV a la pubertad (kg)	278 ± 16	309 ± 16	0,01
Preñez (%)	73,3 ± 11	53,8 ± 11	0,28
Progesterona (ng/mL)	4,41 ± 0,37	3,37 ± 0,37	0,23
Días del ciclo (días)	11,2 ± 0,5	10,6 ± 0,5	0,35
Pico de progesterona (días)	7,30 ± 0,7	6,01 ± 0,69	0,11
Concentración máxima de progesterona (ng/mL)	8,0 ± 1,18	9,24 ± 1,16	0,48
Área bajo la curva de progesterona	52,3 ± 4,4	41,2 ± 4,2	0,21

Fuente: tomado de Maresca et al. (2019).

Por último, se estudió cómo afectó la restricción proteica durante el último tercio de gestación a la calidad de la carne y rendimiento de la progenie. Se concluyó que la progenie de las vacas que tuvieron una alta composición proteica durante el último tercio de su gestación afectó la composición de la canal de la descendencia (cuadro No. 3). Esto fue producto de un mayor rendimiento y un aumento del área de ojo de bife. A su vez, se encontró que la carne de la descendencia de vacas con alta proteína era más tierna, medida como fuerza de corte (Maresca et al., 2019).

Cuadro No. 4. Efecto de la concentración de proteína dietaría maternal durante la gestación tardía sobre características de la canal de novillos

Ítem	Tratamientos		Valor P
	BP	AP	
PCC, kg	284,3 ± 7,7	289,5 ± 9,9	0,69
Rendimiento, %	57,6 ± 0,6	60,2 ± 0,8	0,01
GD, cm	0,67 ± 0,07	0,57 ± 0,08	0,38
Marmoleo	455 ± 15	435 ± 20	0,44
Bloque de bife			
<i>Longissimus</i> , %	33,6 ± 0,7	34,1 ± 0,9	0,29
Grasa subcutánea, %	8,0 ± 0,5	7,2 ± 0,7	0,55
Hueso, %	24,2 ± 0,9	25,2 ± 1,2	0,75
Grasa sub. por <i>Longissimus</i>	25,6 ± 1,5	21,1 ± 1,8	0,08
Fuerza de corte			
3 d. de nac.	46,09 ± 0,88	42,07 ± 1,07	<0,001
14 d. de nac.	29,91 ± 0,49	27,55 ± 0,58	<0,001

Fuente: tomado de Maresca et al. (2019).

2.6.2. Efecto nutrición energética

A su vez, también se evaluó la importancia de la nutrición energética durante el último tercio de la gestación. Se concluyó que una restricción energética durante el último tercio de gestación no afecta las principales características productivas y reproductivas de la progenie (cuadro No. 5). Si bien las vacas variaron su CC y su peso, lo que muestra que esa restricción impuesta tuvo su efecto, no se observaron diferencias en sus hijos (Batista et al., 2019).

Cuadro No. 5. PV, ganancia diaria y edad a la pubertad de terneras hijas de vacas en alto y bajo plano nutricional energético en el último tercio de gestación

Variables	Alta	Baja	P
Número de animales	15	16	
PV (kg) nacimiento	34 ± 3,2	32 ± 3,6	0,6
PV (kg) 90 días	76 ± 2,1	74 ± 2,3	0,58
GD (kg/día) 90 días	0,84 ± 0,02	0,81 ± 0,02	0,12
PV (kg) destete	117 ± 3,0	113 ± 3,5	0,25
GD (kg/día) destete	0,9 ± 0,02	0,84 ± 0,02	<0,01
Edad a la pubertad (meses)	14,7	15	0,12
PV (kg) pubertad 15 meses	331 ± 8,5	318 ± 8,7	0,1

Fuente: tomado de Batista et al. (2019).

2.7. HIPÓTESIS

Es posible observar diferencias en los caracteres de crecimiento entre la descendencia de madres puras y cruzas en pastoreo de campo natural en alta y baja oferta de forraje durante la gestación y lactancia.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue realizado utilizando los registros del experimento de vacas puras y cruzas en pastoreo de 2 ofertas de campo natural iniciado en la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt de la Facultad de Agronomía situada en la ruta No. 26, kilómetro 408, departamento de Cerro Largo, Uruguay.

El diseño experimental es en bloques completos al azar con diferentes formaciones geológicas; el bloque 1 es la unidad Zapallar y el bloque 2 la unidad Fraile Muerto. Los 4 tratamientos dispuestos consistieron en un arreglo factorial de 2x2 de genotipo de la vaca y oferta de forraje. Los genotipos de las vacas de cría fueron puras (Hereford y Aberdeen Angus), y sus cruzas F1 recíprocas. Los niveles de oferta de forraje fueron, en media a lo largo del año, de 10 kg de materia seca/100 kg de PV/día (oferta alta - A) y 5 kg de materia seca/100Kg de PV/día (oferta baja - B).

Se analizó el crecimiento de los terneros hijos de las vacas sometidas a sus respectivos tratamientos, desde el nacimiento hasta los 3 años de edad.

Para el estudio, la edad de los animales fue dividida en 6 momentos:

1. Nacimiento
2. Destete
3. Post destete (8 meses)
4. Sobreaño (8-12 meses)
5. 12-18 meses
6. +18 meses

Cuadro No. 6. Número de registros y pesos promedio al nacer y al destete para Hereford, Angus y sus cruzas

Oferta de forraje	Hembras		Machos	
	Alta	Baja	Alta	Baja
Raza de la vaca				
Puras	1106(30)	672(25)	436(34)	421(22)
Cruzas	363(20)	330(14)	360(24)	239(21)
Total	1469(50)	1002(39)	796(58)	660(43)

El crecimiento de las hembras fue estudiado mediante análisis de varianza, incluyendo los efectos:

$$y_{ijklm} = \mu + GGm_j + GGp_k + Of_l + M_m + Edad + error_{ijklm}$$

En el que

y_{ijklm} : observación del peso del i-ésimo ternero, hijo del del j-ésimo genotipo materno en pastoreo de n pastoreo de la k-ésima oferta de forraje.

μ : media general.

GGm_j : grupo genético de la madre (pura o cruza).

GGp_k : grupo genético del padre (AA, HH o LL).

Of_l : oferta de forraje (alta o baja).

M_m : momento de la vida del animal (1 a 6).

Edad: covariable lineal de edad del ternero en días.

$error_{ijklm}$: efecto aleatorio de $error_{ijklm} \sim (0, \sigma^2_e)$.

Para conocer el efecto de los factores en cada ciclo de crecimiento de los terneros, el modelo de análisis dentro de cada momento incluyó los efectos fijos de genotipo, año y mes de nacimiento, y edad del ternero dentro de cada momento.

En todos los casos, el nivel de significancia estadística asumido fue de $P < 0.05$.

Los análisis se realizaron mediante el procedimiento MIXED del programa SAS (versión 2009).

En el cuadro No. 7 se puede observar una caracterización de la base de datos analizada.

Cuadro No. 7. Descripción de la base de datos

Efecto	Niveles	Valores
Año	11	2006; 2007; 2008; 2009; 2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2016; 2017
Oferta	2	A; B
Cantidad de madres	101	-----
Categoría de madres	3	1 ^a . cría; 2 ^a . cría; adulta
Grupo genético de madre	2	1; 2
Cantidad de padres	37	-----
Grupo genético de padre	3	AA; HH; LIM
Cantidad de terneros	190	-----

La recolección de datos durante el experimento transcurrió desde el año 2006 al 2017 de manera continua a excepción del año 2015, en el que no se obtuvieron datos. La oferta de forraje manejada para las vacas fueron 2, A (alta oferta de forraje) y B (baja oferta de forraje). Se consideraron 101 vacas de tres categorías, de primer cría, de segunda cría y vacas adultas. En cuanto al grupo genético de las madres, se dividió en dos: grupo 1 formado por vacas puras tanto Hereford (HH) como Aberdeen Angus (AA), y grupo 2 formado por vacas cruza, siendo las mismas Aberdeen Angus x Hereford (AH) y Hereford x Aberdeen Angus (HA). Se consideraron 37 toros de tres grupos genéticos distintos todos de razas puras siendo estos AA, HH y Limousin (LL). Finalmente se relevaron datos de 190 ternero/as hembras.

4. RESULTADOS

En los siguientes cuadros se presentan los resultados del análisis de varianza para la variable PV de terneras y terneros hijos de vacas puras (AA, HH) o cruza (AH, HA) en pastoreo de campo natural en alta o baja oferta de forraje.

Cuadro No. 8. Resultado de análisis de varianza general en terneros machos hijos de vacas de diferentes genotipos en pastoreo de alta y baja oferta de campo natural

Efecto	GL	F valor	P > F
Año	10	73.69	<.0001
Oferta de forraje	1	3.07	0.0798
Genotipo madre	1	0.33	0.5655
Raza padre	2	2.03	0.1311
Gen. madre*raza padre	1	0.01	0.9310
Oferta*gen. madre	1	0.24	0.6270
Momento	4	27.06	<.0001
Edad	4	46.28	<.0001

Referencias: GL= grados de libertad.

En el cuadro No. 8 se observa que los efectos año, momento y edad en el momento fueron significativos en la evolución de PV de los animales ($P < 0.05$). Por su parte, la oferta de forraje muestra una tendencia hacia la significancia ($P = 0.0798$) en la evolución del peso de los terneros machos. Finalmente, los efectos del genotipo de la madre, del padre y las interacciones entre genotipos y con la oferta de forraje, no presentaron efectos de significancia ($P > 0.05$).

Cuadro No. 9. Resultado de análisis de varianza general en terneros hembras hijas de vacas de diferentes genotipos en pastoreo de alta y baja oferta de campo natural

Efecto	G L	F - Valor	Pr > F
Año	10	22.47	<.0001
Oferta de forraje	1	38.84	<.0001
Genotipo madre	1	2.96	0.0853
Raza padre	2	3.91	0.0203
Gen. madre*raza padre	1	13.10	0.0003
Oferta*gen. madre	1	5.43	0.0199
Momento	5	266.60	<.0001
Edad	6	84.19	<.0001

Referencias: GL= grados de libertad.

Como se puede ver en el cuadro No. 9, los efectos que tienen significancia en el PV de las hembras son: año, oferta de forraje, raza del padre, gen. madre*raza padre, oferta*gen. madre, momento y edad, mientras que el genotipo de la madre tiene tendencia a ser significativo ($P=0.0853$).

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos del análisis de varianza de los efectos estudiados por momento.

4.1. MOMENTO 1: NACIMIENTO

En el cuadro No. 10 se presentan los resultados obtenidos para el momento 1, que corresponde al nacimiento.

Cuadro No. 10. Resultado de análisis de varianza en terneros machos y hembras hijos de vacas de diferentes genotipos en pastoreo de alta y baja oferta de campo natural al nacimiento

Efecto	Machos (Pr>F)	Hembras (Pr>F)
Año	0.0014	0.0004
Oferta de forraje	0.0388	0.4490
Genotipo madre	0.9630	0.0100
Raza padre	0.1257	0.2824
Gen madre*raza padre	0.5509	0.8335
Oferta*gen madre	0.1307	0.5947
Edad	-----	-----

Al analizar el cuadro No.10, se puede observar que en el caso de los machos los efectos que tuvieron significancia fueron el año y la oferta de forraje, y los demás efectos no presentaron diferencias significativas. En el caso de las hembras, los efectos significativos fueron el efecto año y genotipo de la madre, no encontrándose diferencias significativas para los demás efectos.

El efecto año resultó significativo para los dos sexos, mientras que la oferta de forraje que también es un efecto ambiental solo resultó significativa para los machos.

Para esta variable, Espasandin et al. (2006) encontraron que los terneros más pesados al nacimiento fueron los terneros gestados y amamantados por madres cruza. En este sentido, Alencar (2001) señala que el uso de madres cruza resulta en mayores habilidades maternas expresadas en su producción de leche y su comportamiento maternal (mayor vínculo madre-hijo).

Con respecto a la raza del padre, este no resultó significativo para ninguno de los dos sexos.

Para el efecto edad no hay datos, ya que el peso en dicho momento fue medido al nacimiento.

En el cuadro No. 11 se presentan los resultados de análisis de medias de mínimos cuadrados en terneros machos y hembras hijos de vacas de genotipo puro y cruza en alta y baja oferta de forraje en campo natural al nacimiento. La media representa el PV de dichos terneros siendo la unidad kilogramos, la misma manejada para el desvío estándar. Este tipo de análisis se repitió para todos los momentos evaluados.

Cuadro No. 11. Media \pm desvío del PV al nacimiento según sexo, oferta de forraje y genotipo de la madre

Machos			
	Media	Desvío estándar	Letra estadística
OA	36,75	0,57	a
OB	38,17	0,67	b
GP	37,11	0,50	a
GC	37,81	0,80	a
Hembras			
OA	-	-	-
OB	-	-	-
GP	-	-	-
GC	-	-	-

Referencias: OA=alta oferta; OB=baja oferta; GP= genotipo de la madre puro; GC= genotipo de la madre cruza; ($P < 0,05$).

Como puede observarse en el cuadro No. 11, hay diferencias significativas en términos de oferta de forraje para el PV al nacimiento de terneros machos, no así para el genotipo de la madre.

No se obtuvieron datos de PV al nacimiento para las hembras.

4.2. MOMENTO 2: DESTETE

En el cuadro No. 12 se presentan los resultados obtenidos para el momento 2, que corresponde al destete.

Cuadro No. 12. Resultado de análisis de varianza en terneros machos y hembras hijos de vacas de diferentes genotipos en pastoreo de alta y baja oferta de campo natural al destete

Efecto	Machos (Pr>F)	Hembras (Pr>F)
Año	<.0001	<.0001
Oferta de forraje	0.0189	<.0001
Genotipo madre	0.1982	0.2309
Raza padre	0.1238	0.2698
Gen. madre*raza padre	0.5985	0.4736
Oferta*gen. madre	0.5272	0.0728
Edad	<.0001	<.0001

Al analizar el cuadro No. 12, se observa que, tanto para machos como para hembras, los efectos año, oferta de forraje y edad resultaron significativos. A su vez, los efectos genotipo de la madre, raza del padre, gen. madre*raza del padre y oferta*gen. madre no presentaron diferencias significativas.

Espasandin et al. (2006) encontraron que, independientemente de la madre utilizada, los hijos de toros HH fueron levemente más pesados al destete que los hijos de toros AA, pero esta diferencia no fue significativa ($P < 0.05$).

En el cuadro No. 13 se presentan las medias y desvíos de PV para los terneros hijos de madres de diferente genotipo sometidas a diferentes ofertas de forraje.

Cuadro No. 13. Media \pm desvío del PV al destete según sexo, oferta de forraje y genotipo de la madre

Machos			
	Media	Desvío estándar	Letra estadística
OA	152,8	2,49	a
OB	146,8	2,57	b
GP	146,9	2,02	a
GC	152,7	3,44	a
Hembras			
OA	153,8	4,1	a
OB	143,1	4,2	b
GP	144,2	2,4	a
GC	152,7	7,1	a

Referencias: OA=alta oferta; OB=baja oferta; GP= genotipo de la madre puro; GC= genotipo de la madre cruza; ($P < 0,05$).

Observando el cuadro No. 13, tanto para los machos como para las hembras existen diferencias significativas en cuanto a la oferta de forraje, no siendo así para el genotipo de la madre.

4.3. MOMENTO 3: POST-DESTETE

En el cuadro No. 14 se presentan los resultados obtenidos para el momento 3, que corresponde al post-destete.

Cuadro No. 14. Resultado de análisis de varianza en terneros machos y hembras hijos de vacas de diferentes genotipos en pastoreo de alta y baja oferta de campo natural al post-destete

Efecto	Machos (Pr > F)	Hembras (Pr > F)
Año	<.0001	<.0001
Oferta de forraje	0.1012	0.0002
Genotipo madre	0.4547	0.2476
Raza padre	0.0610	0.0055
Gen. madre*raza padre	0.0668	0.0103
Oferta*gen. madre	0.2785	0.0338
Edad	<.0001	<.0001

Los resultados del cuadro No. 14 muestran en el caso de los machos un efecto significativo del año y edad, con una tendencia a la significancia en el caso de la raza del padre y la interacción genotipo de la madre*raza del padre ($P=0.0610$ y $P=0.0668$ respectivamente). Por otro lado, los momentos oferta de forraje, genotipo de la madre y oferta*gen. madre no presentan diferencias significativas.

Del mismo modo, al analizar el caso de las hembras, se puede observar que los efectos año, oferta de forraje, raza del padre, gen. madre*raza del padre, oferta*gen. madre y edad son significativos. El único efecto que no resultó significativo en el momento analizado fue el genotipo de la madre.

En el cuadro No. 15 se presentan las medias y desvíos de PV para los terneros analizados en el post-destete hijos de madres de diferente genotipo sometidas a diferentes ofertas de forraje.

Cuadro No. 15. Media \pm desvío del PV al post-destete según sexo, oferta de forraje y genotipo de la madre

Machos			
	Media	Desvío estándar	Letra estadística
OA	164,1	3,17	a
OB	160,1	3,19	a
GP	159,0	2,65	a
GC	165,2	4,19	a
Hembras			
OA	173,1	2,5	a
OB	166,6	2,4	b
GP	171,1	2,1	a
GC	168,6	3,1	a

Referencias: OA=alta oferta; OB=baja oferta; GP= genotipo de la madre puro; GC= genotipo de la madre cruza; ($P < 0,05$).

En el post-destete, no se encontraron diferencias significativas para la oferta de forraje y el genotipo de la madre en el caso de los machos. En el caso de las terneras hembras, únicamente la oferta de forraje presentó diferencias significativas.

4.4. MOMENTO 4: SOBREAÑO

En el cuadro No. 16 se presentan los resultados obtenidos para el momento 4, que corresponde al sobreaño.

Cuadro No. 16. Resultado de análisis de varianza en terneros machos y hembras hijos de vacas de diferentes genotipos en pastoreo de alta y baja oferta de campo natural al sobreaño

Efecto	Machos (Pr > F)	Hembras (Pr > F)
Año	<.0001	<.0001
Oferta de forraje	0.3706	<.0001
Genotipo madre	0.6983	<.0001
Raza padre	0.0991	<.0001
Gen. madre*raza padre	0.8189	<.0001
Oferta*gen. madre	0.3674	0.0012
Edad	<.0001	<.0001

Los resultados del cuadro No. 16 muestran que los efectos que son significativos para los machos fueron: año y edad. En cambio, para las hembras se puede ver que todos los efectos son significativos.

En el cuadro No.17 se presentan las medias y desvíos de PV para los terneros analizados en el sobreaño, hijos de madres de diferente genotipo sometidas a diferentes ofertas de forraje.

Cuadro No. 17. Media \pm desvío del PV al sobreaño según sexo, oferta de forraje y genotipo de la madre

Machos			
	Media	Desvío estándar	Letra estadística
OA	271,7	4,52	a
OB	274,8	4,75	a
GP	274,6	4,22	a
GC	271,9	5,34	a
Hembras			
OA	276,4	3,2	a
OB	264,4	3,2	b
GP	275,9	3,0	a
GC	264,8	3,6	b

Referencias: OA=alta oferta; OB=baja oferta; GP= genotipo de la madre puro; GC= genotipo de la madre cruce; (P<0,05).

Analizando el cuadro anteriormente presentado, se observa que para los machos al sobreaño no se encuentran diferencias significativas para la oferta de forraje y también para el genotipo de la madre.

No es así en el caso de las hembras, en las que se observan diferencias significativas tanto para la oferta de forraje como para el genotipo de la madre.

4.5. MOMENTO 5: 12 A 18 MESES

En el cuadro No. 18 se presentan los resultados obtenidos para el momento 5, que corresponde a la edad del animal entre los 12 y 18 meses.

Cuadro No. 18. Resultado de análisis de varianza en terneros machos y hembras de 12 a 18 meses hijos de vacas de diferentes genotipos en pastoreo de alta y baja oferta de campo natural

Efecto	Machos (Pr > F)	Hembras (Pr > F)
Año	<.0001	<.0001
Oferta de forraje	0.0508	0.1620
Genotipo madre	0.0058	0.6768
Raza padre	0.2054	0.7024
Gen. madre*raza padre	0.4346	0.9410
Oferta*gen. madre	0.5089	0.2105
Edad	<.0001	<.0001

Según los datos obtenidos y presentados en el cuadro No. 18, para machos de entre 12 y 18 meses, tanto el año, el genotipo de la madre y la edad tienen efecto significativo sobre el PV. Además, la oferta de forraje tiene una tendencia a ser significativa (P=0.0508). Sin embargo, para las hembras los factores que tienen efecto en el PV entre los 12 y 18 meses, fueron el año y la edad.

En el cuadro No. 19 se presentan la media y desvío estándar del PV para los terneros machos y hembras en la edad de 12 a 18 meses.

Cuadro No. 19. Media \pm desvío del PV según sexo, oferta de forraje y genotipo de la madre entre los 12 a 18 meses

Machos			
	Media	Desvío estándar	Letra estadística
OA	415,8	5,27	a
OB	405,6	5,79	b
GP	412,8	3,94	a
GC	408,6	8,46	b
Hembras			
OA	370,6	6,8	a
OB	356,2	6,6	a
GP	362,8	5,8	a
GC	364,0	9,2	a

Referencias: OA=alta oferta; OB=baja oferta; GP= genotipo de la madre puro; GC= genotipo de la madre cruce; (P<0,05).

En el cuadro No. 19, tanto la oferta como el genotipo de la madre para los datos analizados en los terneros machos presentan diferencias significativas.

En cuanto a los datos de las hembras, no se encontraron diferencias significativas en la oferta de forraje y en el genotipo de la madre.

4.6. MOMENTO 6: 18 A 24 MESES

En el cuadro No. 20 se presentan los resultados obtenidos para el momento 6, que corresponde a la edad del animal entre los 18 y 24 meses.

Cuadro No. 20. Resultado de análisis de varianza en terneros machos y hembras de 18 a 24 meses hijos de vacas de diferentes genotipos en pastoreo de alta y baja oferta de campo natural

Efecto	Machos (Pr > F)	Hembras (Pr > F)
Año	-	0.0020
Oferta	-	0.5613
Genotipo madre	-	0.0117
Raza padre	-	0.0183
Gen. madre*raza padre	-	0.0362
Oferta*gen. madre	-	0.3529
Edad	-	<.0001

En el último momento estudiado se observó que los efectos significativos en el PV de las hembras de 18 a 24 meses son el efecto año, genotipo de la madre, raza padre, gen. madre*raza padre y edad. Para este mismo momento no se obtuvieron datos para los machos.

En el cuadro No. 21 se presentan las media y desvío estándar de PV para las terneras hembras de 18 a 24 meses de edad hijos de madres de diferente genotipo y sometidas a diferentes ofertas de forraje.

Cuadro No. 21. Media \pm desvío del PV según sexo, oferta de forraje y genotipo de la madre entre los 18 a 24 meses

Machos			
	Media	Desvío estándar	Letra estadística
OA	-	-	-
OB	-	-	-
GP	-	-	-
GC	-	-	-
Hembras			
OA	445,6	9,4	a
OB	444,9	9,5	a
GP	423,0	5,5	b
GC	467,5	1,6	a

Referencias: OA=alta oferta; OB=baja oferta; GP= genotipo de la madre puro; GC= genotipo de la madre cruza; ($P < 0,05$).

Para el momento 6, no se registraron datos de PV para los terneros machos.

Observando los datos de las hembras, para la oferta de forraje no se encontraron diferencias significativas. En el caso del genotipo de la madre si se encontraron diferencias significativas.

A continuación, en las siguientes figuras se presenta la evolución del peso tanto para hembras como para machos, a través de los 6 momentos evaluados.

Figura No. 4. Evolución de peso de las hembras en los diferentes momentos evaluados

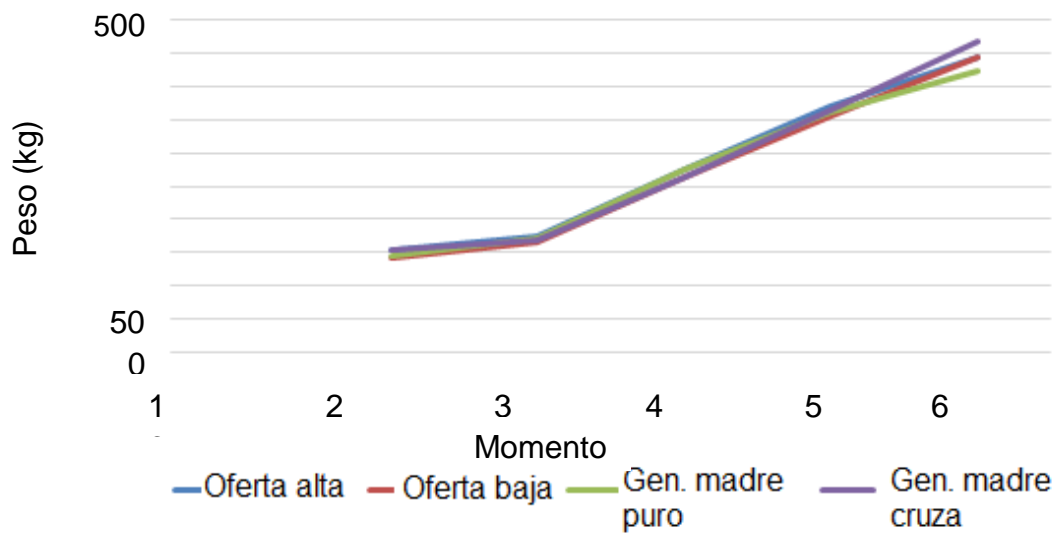
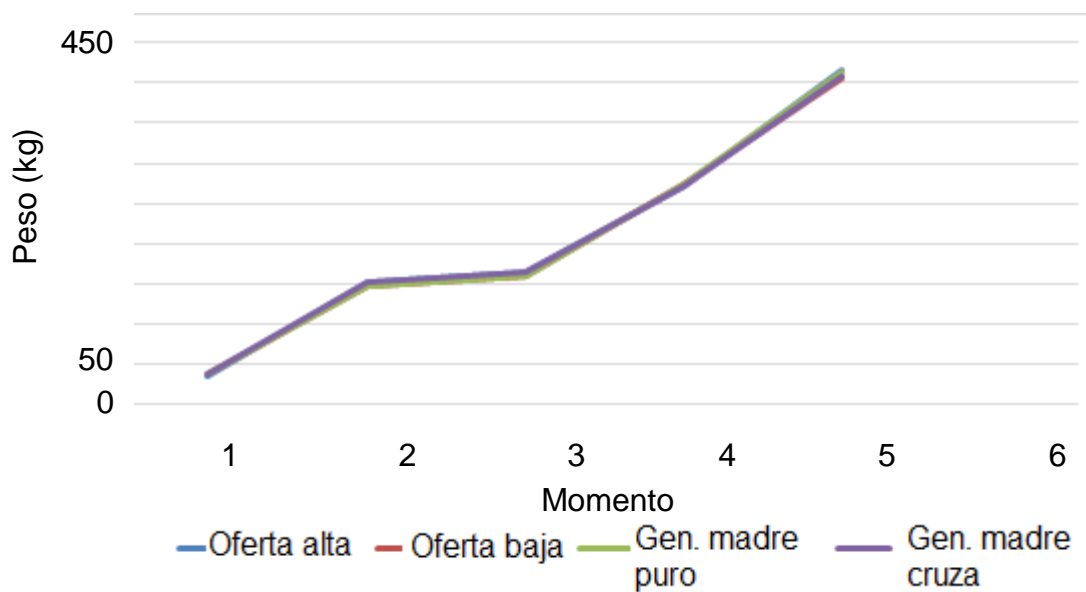


Figura No. 5. Evolución de peso de los machos en los diferentes momentos



En el caso de las hembras, como fue detallado en los cuadros anteriores, para varios de los momentos no se vieron diferencias de peso. Pero se puede ver que en el momento 6 las descendencias de madres cruza tienen un peso bastante superior al resto. Otro análisis que cabe resaltar es que para el momento

5 en adelante, la oferta de forraje a la madre ya no tiene significancia en el peso de los animales.

Por otro lado, en el caso de los machos se observa que el PV de los animales evoluciona de forma muy similar entre todas las situaciones. No se observan diferencias en la gráfica en ningún momento. Por lo tanto, se puede decir, que a priori la oferta de forraje a la que estuvo sometida la madre gestando no influyó en el peso de los terneros y en su posterior desarrollo.

Espasandin et al. (2006) encontraron que las mayores evoluciones de PV se observan en animales cruza, especialmente en los hijos de madres cruzas (AH, HA), mientras que los de las razas puras fueron los más livianos a los 30 meses de edad.

Los resultados obtenidos en este trabajo coinciden con lo reportado por Espasandin et al. (2006), en los que las curvas seguidas por todos los genotipos fueron similares, con crecimientos moderados en los períodos destete-año y 18-24 meses, y altas ganancias en los períodos en que la oferta de alimento es mayor (año-18 meses y 24-30 meses).

5. DISCUSIÓN

Luego de haber analizado los cuadros y resultados obtenidos del análisis de datos en el capítulo anterior, surgen las siguientes afirmaciones. Las mismas se centran en los efectos de distintas variables que afectan el crecimiento de la descendencia de vacas puras y cruza en distintas ofertas de forraje durante la gestación y lactación.

Respecto a la oferta de forraje, según los datos obtenidos en el análisis de varianza general, para hembras este efecto tiene significancia en el PV de la progenie; y para el caso de los machos se vio que hay una tendencia a ser significativa. Cuando se estudio este efecto separado por momentos, se desprende que en los momentos destete, post-destete y sobreaño se encuentran diferencias significativas en las hembras respecto al PV. En el caso de los machos, la oferta de forraje tuvo significancia solamente en los momentos nacimiento y destete con respecto al PV.

Estos resultados coinciden parcialmente con lo revisado por Tygesen et al. (2007), Radunz (2009), Ramírez et al. (2020), quienes afirman que una subnutrición materna durante la gestación afecta considerablemente el desarrollo de los tejidos muscular, adiposo y óseo, lo que posteriormente repercute en el crecimiento y desarrollo de la progenie, afectando su productividad.

Por más que se hayan encontrado diferencias significativas con respecto a la oferta de forraje en algunos momentos tanto en hembras como en machos, estas no se encontraron en la gran mayoría de ellos y tampoco afectaron de manera significativa la productividad de la progenie a largo plazo. Se observa que a medida que aumenta la edad de la progenie los efectos producidos por la oferta de forraje durante la gestación y lactación van disminuyendo. Esto se puede explicar porque el ternero/a disminuye su dependencia por la leche materna para satisfacer sus requerimientos nutricionales. Cabe aclarar que el número de animales que se evaluaron de cada genotipo y en cada oferta de forraje es posible que influya sobre los resultados. Por otro lado, las restricciones nutricionales impuestas a las madres en los diferentes experimentos probablemente sean diferentes, siendo sus efectos de mayor o menor magnitud sobre la descendencia generada.

Contrariamente a lo explicado anteriormente, Batista et al. (2019) explican que una restricción de la nutrición energética en el último tercio de la gestación no afecta las principales características productivas y reproductivas de la progenie. Esto concuerda con los resultados obtenidos, que hacen suponer que las vacas sometidas a baja oferta de forraje presentaban una deficiencia

energética en su dieta. Esta deficiencia energética no causó efectos significativos en el PV de la progenie a largo plazo.

En el cuadro No. 10 se observa los pesos al nacimiento únicamente de los terneros machos: los hijos de madres sometidos a una baja oferta de forraje presentaron una media de peso al nacimiento mayor que los hijos de madres sometidos a una alta oferta de forraje. Dicho resultado no coincide con lo estudiado por Ramírez et al. (2020), quienes afirman que existe una disminución lineal del peso al nacimiento de los terneros a medida que aumenta el nivel de restricción alimentaria.

A su vez, Briano et al. (2013) afirman que no existe una correlación entre la asignación de forraje de la madre y el peso al nacimiento de la progenie, estudio que no coincide con los resultados presentados en el cuadro No. 10 en el que se encuentran diferencias significativas entre los machos hijos de vacas de alta oferta y baja oferta de forraje.

En el cuadro No. 13 se puede observar los pesos medios tanto de los machos como de las hembras. Estos datos arrojan que no hay grandes diferencias de PV entre los sexos, resultados que no coinciden con lo estudiado por Martínez-González et al. (2011), en que los terneros machos superaron en 6,1 kg a las hembras al destete.

Por otro lado, se observó que el año es significativo para el PV de los terneros/as en todos los momentos. La explicación puede estar dada ya que cada año tiene sus condiciones particulares. Hay años más lluviosos y años más secos, y esto provoca diferencias en el forraje que es la fuente de alimentación de todos los animales estudiados y a posterior provoca diferencias en el PV. Si los animales estudiados estuvieran en confinamiento las diferencias entre años serían menores, probablemente no significativas.

En cuanto al genotipo de la madre, se aprecia que para las hembras presenta efectos significativos en los momentos nacimiento, sobreaño, y de 12 a 18 meses de edad, y para los machos únicamente de 12 a 18 meses. Estos resultados no coinciden con los presentados por Gimeno et al. (2002), quienes afirman que hijos de madres cruce deberían presentar una superioridad en el PV al destete comparado con madres puras Hereford. Esta superioridad es explicada principalmente por el efecto genético y la heterosis materna.

De todas maneras, cuando se observa el PV final de las terneras estudiadas existe una notoria diferencia en cuanto a las hijas de genotipos de madre cruce con las hijas de madres puras. Esta diferencia es de aproximadamente 45 kilogramos mayor en hijas de madres cruces, por lo que se

concluye que el efecto genotipo de la madre tiene significancia a partir de los 12-18 meses de edad.

Por otro lado, esta explicación puede estar dada por la posible variabilidad entre razas como dentro de las razas. Si bien se sabe que hay terneros/as hijos de vacas puras y cruza, no se sabe el valor genético real de dicha madre. Puede haber terneros/as hijos de vacas puras con altos valores genéticos y terneros/as hijos de vacas cruza con una genética inferior. En estos casos, no es esperable que los hijos de vacas cruza tengan un mayor PV. Por lo tanto, esto puede ser lo que haya pasado en machos.

Otro punto para analizar según los resultados obtenidos en el estudio es la notoria diferencia que se encuentran entre los machos y las hembras. En los 6 momentos estudiados se ve claramente cómo las hembras se ven más afectadas por la oferta de forraje, el genotipo tanto de la madre como del padre y el año de nacimiento. Esto puede ser explicado ya que es esperable que los machos amortigüen mejor los efectos estudiados que las hembras. Otra posible explicación a estos resultados es porque se cuenta con un mayor número de registros de hembras (2471 registros) que de machos (1456 registros).

Al observar la raza del padre, se aprecia que hay diferencias significativas en el PV en el caso de las hembras. Para el caso de los machos no se aprecian diferencias significativas. En los momentos 3, 4 y 6 se vieron diferencias significativas en las hembras. Estas diferencias significativas pueden ser explicadas debido a que se utilizaron tres distintas razas de padres con un posible valor genético distinto, aunque este valor genético no fue estudiado. Esta diferencia entre sexos en cuanto al efecto genotipo del padre puede ser explicada por un mayor número de registros en hembras, mencionado en el párrafo anterior.

En cuanto la interacción entre el genotipo de la madre y el genotipo del padre, para el caso de las hembras es significativo y en los machos no lo es. Es esperable que sí haya diferencias por el vigor híbrido, si hay más cruza se espera que haya más PV; de todos modos, estas diferencias se pueden dar debido a lo planteado en los dos párrafos anteriores, cuando se explicó que si bien hay diferencia por el genotipo también hay mucha variabilidad dentro de las razas.

Tal como se detalló en la revisión bibliográfica, la interacción entre la oferta de forraje y el genotipo de la madre presentó efecto estadísticamente significativo en el crecimiento de las hembras. Por su parte, esta interacción no afectó el PV de los machos.

6. CONCLUSIONES

A partir de este trabajo fue posible determinar las relaciones fenotípicas en crecimiento y reproducción en la descendencia de vacas puras y cruizas pastoreando alta o baja oferta de forraje.

El PV de los terneros/as fue afectado de forma distinta según el sexo del ternero y el momento medido. Los machos presentaron menores variaciones de PV ante cambios en la oferta de forraje de sus madres, raza del padre, genotipo de la madre y edad. Las hembras mostraron mayores variaciones de PV ante las mismas situaciones.

7. RESUMEN

El PV del ternero es una característica importante para medir su crecimiento y desarrollo. La mayoría de los trabajos, tanto a nivel nacional como internacional, demuestran que hay un efecto importante en el crecimiento y desarrollo de la descendencia según las condiciones en que se desarrolló como feto. A su vez, también se demuestra que las cruas explotan la heterosis y de este modo se pueden obtener mejores números fenotípicos. El objetivo del presente estudio fue determinar si estos factores tenían efecto sobre el PV de los animales analizados. Los mismos fueron evaluados en la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt de la Facultad de Agronomía. Se utilizaron registros de 101 madres tanto puras como cruas durante 11 años. La variable analizada fue PV en 6 momentos distintos; nacimiento, destete, post destete, sobreaño, 12-18 meses y más de 18 meses. Los datos fueron estudiados mediante análisis de varianza usando un modelo continuo de medidas repetidas en el tiempo mediante el procedimiento MIXED del programa SAS. En una primera instancia, se determinó cuales factores tenían significancia en el PV. Estos efectos fueron: año, oferta de forraje, genotipo de la madre, raza padre, edad e interacciones entre genotipo de la madre por la raza del padre y la oferta por el genotipo de la madre. Luego se graficó la evolución del PV en los distintos momentos según las variables estudiadas. Para el caso de los machos, se concluyó que los efectos: año, momento y edad tuvieron un efecto significativo $PrF < 0.0001$ en el PV. Para las hembras: año, oferta de forraje y edad tuvieron un efecto significativo menor a 0.0001 en el PV. Igualmente, hay que resaltar que no en todos los momentos estos efectos eran significativos. A medida que se alejan del destete, estos efectos tienen menos significancia.

Palabras clave: Programación fetal; PV; Oferta de forraje.

8. SUMMARY

Calf LW is an important characteristic for measuring calf growth and development. Most of the studies both nationally and internationally show that there is an important effect on the growth and development of the offspring depending on the conditions in which they developed as a fetus. Moreover, it is also shown that crosses exploit heterosis and better phenotypic numbers can be obtained. The objective of the present study was to determine if these factors had an effect on the LW of the animals analyzed. They were evaluated at the Bernardo Rosengurtt Estación Experimental of the Facultad de Agronomía. Registers of 101 mothers, both pure and cross in 11 years, were evaluated. The variable analyzed was LW at 6 different moments; birth, weaning, post weaning, over year, 12-18 months and more than 18 months. The data were analyzed by an analysis of variance using a continuous model of repeated measures over time. Using the MIXED procedure of the SAS program. In the first instance, it was determined which factors had significance in the LW. These effects were: year, forage supply, mother genotype, father breed, age and interactions between the mother's genotype by the father's breed and the offer by the mother's genotype. Then the evolution of the LW at the different moments according to the variables studied was plotted. In the case of males, it was concluded that the effects: year, time and age had a significant effect of less than $F < P = 0.0001$ in the LW. For females: year, forage supply and age had a significant effect of less than $PrF < 0.0001$ on the LW. Likewise, it should be noted that these effects were not significant at all times. As they move away from weaning, these effects are less significant.

Keywords: Fetal programming; LW; Forage supply.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Banchemo, G.; Ferreira, G.; Piaggio, L. 2015. Programación fetal: ¿qué es y cómo afecta la producción ovina? (en línea). In: Simposio de Ovinos de la Semana Académica de la Zootecnia y Medicina Veterinaria (9º., 2015, Pelotas, Brasil). Presentaciones orales. s.n.t. pp. 1-21. Consultado mar. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6062/1/INIA-SUL-Programacion-fetal.2015.Banchemo-Ferreira-Piaggio.pdf>
2. Barker, D.; Osmond, C. 1986. Infant mortality, childhood nutrition, and ischaemic heart disease in England and Wales. (en línea). Lancet. 1 (8489):1077-1081. Consultado mar. 2021. Disponible en <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673686913401>
3. Batista, C.; Velazco, J. I.; Baldi, F.; Banchemo, G.; Quintans, G. 2019. Efecto de dos niveles de energía en el alimento de último tercio de gestación en bovinos para carne sobre el desempeño de la progenie al nacimiento y pubertad. (en línea). In: Seminario Técnico de Programación Fetal (1º., 2019, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 53-64 (Serie Técnica no. 252). Consultado abr. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/ST-252-2019.pdf>
4. Berlanga, M.; Molina, A.; Luque, A. 1995. Estimación de la curva de crecimiento en vacuno retinto desde el nacimiento hasta el destete. Archivos de Zootecnia. 44 (166-167):179-192.
5. Briano, C.; Scarsi, A.; Velazco, J. I.; Banchemo, G.; Meikle, A.; Quintans, G. 2013. Alta y baja asignación de forraje antes del parto. (en línea). In: Seminario de Actualización Técnica sobre Cría Vacuna (1º., 2013, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 175-185 (Serie Técnica no. 174) Consultado feb. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7574/1/st-208-2013.-p.175-185.pdf>
6. Corrales, M. 2018. Programación fetal en el desarrollo muscular del cordero: efectos de la subnutrición materna y del sexo de la cría. Tesis de Grado Doctor en Ciencias Veterinarias. Montevideo,

Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Veterinaria. 20 p.

7. Dayton, W. R.; White, M. E. 2008. Cellular and molecular regulation of muscle growth and development in meat animals. *Journal of Animal Science*. 86:217-225.
8. Di Marco, O. N. 1998. Crecimiento de vacunos para carne. Mar del Plata, Asociación Argentina de Producción Animal. 247 p.
9. Dhu, M.; Zhu, M. 2009a. Fetal Programming of Skeletal Muscle Development. *In*: Du, M.; McCormick, R. eds. *Applied Muscle Biology and Meat Science*. Boca Ratón, CRC. pp. 81-89.
10. _____; Tong, J.; Zhao, J.; Underwood, K.; Zhu, M.; Ford, S.; Nathanielsz, P. 2009b. Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals. *Journal of Animal Science*. 88:51-60.
11. _____; Wang, B., Fu, X., Yang, Q., Zhu, M. J. 2015. Review: fetal programming in meat production. *Meat Science*. 109:40-47.
12. Ford, S. P.; Hess, B. W.; Schwoppe, M. M.; Nijland, M. J.; Gilbert, J. S.; Vonnahme, K. A.; Means, W. J.; Han, H.; Nathanielsz, P. W. 2007. Maternal undernutrition during early to mid-gestation in the ewe results in altered growth, adiposity, and glucose tolerance in male offspring. *Journal of Animal Science*. 85:1285-1294.
13. Funston, R. N.; Larson, D. M.; Vonnahme, K. A. 2010. Effects of maternal nutrition on conceptus growth and offspring performance: implications for beef cattle production. *Journal of Animal Science*. 88:E205–E215.
14. García-Robles, R.; Ayala, P.; Perdomo, S. 2012. Epigenetics: definition, molecular bases and implications in human health and evolution. *Revista Ciencias de la Salud*. 10:59-71.
15. Ge, X.; Yu, J.; Jiang, H. 2012. Growth hormone stimulates protein synthesis in bovine skeletal muscle cells without altering insulin-like growth factor-I mRNA expression. *Journal of Animal Science*. 90:1126-1133.

16. Gimeno, D.; Aguilar, I.; Franco, J.; Feed, O. 2002. Rasgos productivos y reproductivos de hembras cruza. In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (30^{as}., 2002, Paysandú, Uruguay). Memorias. Paysandú, CMVP. s.p.
17. Gorrachategui, M. 1997. Influencia de la nutrición de otros factores en el rendimiento de la canal en terneros. In: Curso de Especialización FEDNA (13^o., 1997, Madrid). Avances en nutrición y alimentación animal. Madrid, Ibérica de Nutrición Animal. s.p.
18. Gutiérrez, V. A. C.; Espasandin, A. C.; Astessiano, A. L.; Casal, A.; López-Mazz, C.; Carriquiry, M. 2012. Calf foetal and early life nutrition on grazing conditions: metabolic and endocrine profiles and body composition during the growing phase. (en línea). Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 97:1-12. Consultado nov. 2020. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/criavacunacamponatural/documentos/articulos/oferta/6.pdf>
19. Hammond, J. 1960. Farm animals. 3rd. ed. London, Edward Arnold. 322 p.
20. Herrington, J.; Smit, L. S.; Schwartz, J.; Carter-Su, C. 2000. The role of STAT proteins in growth hormone signaling. Oncogene. 19:2585-2597.
21. Houseknecht, K.; Cole, B.; Steele, P. 2002. Peroxisome proliferator-activated receptor gamma (PPAR γ) and its ligands. Domestic Animal Endocrinology. 22(1):1-23.
22. INAC (Instituto Nacional de Carnes, UY). 2012. Algunas definiciones prácticas. (en línea). Montevideo. 2 p. Consultado 15 feb. 2021. Disponible en https://www.inac.uy/innovaportal/file/6351/1/algunas_definiciones_practicas.pdf.
23. Jennings, T. D.; Gonda, M. G.; Underwood, K. R.; Wertz-Lutza, A. E.; Blair, A. D. 2016. The influence of maternal nutrition on expression of genes responsible for adipogenesis and myogenesis in the bovine fetus. Animal. 10(10):1697-1705.

24. Lanuza, F. A. 2006. Requerimientos de nutrientes según estado fisiológico en bovinos de leche. INIA Remehue. Boletín no. 148. 9 p.
25. Lawrence, T. L. J.; Fowler, V. R. 1997. Growth of farm animals. Cambridge, CAB International. 330 p.
26. Lee, S. H.; Joo, S. T.; Ryu, Y. C. 2010. Skeletal muscle fiber type and myofibrillar proteins in relation to meat quality. Meat Science. 86:166-170.
27. Maresca, S.; López Valiente, S. O.; Rodríguez, A. M.; Long, N. M.; Pavan, E.; Quintans, G. 2019. Efecto de la restricción proteica de vacas durante la gestación tardía sobre el crecimiento posnatal, el metabolismo de glucosa - insulina y la concentración de IGF-1 de la descendencia. (en línea). In: Seminario Técnico de Programación Fetal (1º., 2019, Montevideo). Efecto de la restricción nutricional durante la gestación sobre la progenie en vacunos. Montevideo, INIA. pp. 31-44 (Serie Técnica no. 252). Consultado abr. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/ST-252-2019.pdf>
28. Martínez-González, J.; Gutiérrez-Michel, J.; Briones-Encinia, F.; Lucero-Magaña, F.; Castillo-Rodríguez, S. 2011. Factores no genéticos que afectan el peso al nacer y destete de terneros Angus. (en línea). México, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Facultad de Ingeniería y Ciencias. s.p. Consultado abr. 2021. Disponible en http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692011000200001
29. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2019. Anuario estadístico agropecuario 2019. Montevideo. 256 p.
30. Moreira, E.; Alípio Faleiro Neto, J.; Vinicius de Castro, M.; Rodrigues, R.; Andrade, J.; Moreira, G.; Ribeiro, V. 2019. Programação fetal e efeito da suplementação pré-parto sobre o desempenho produtivo e reprodutivo da progênie. Pubvet. 13(4):1-7.
31. Mossa, F.; Walsh, S.; Butler, S.; Berry, D.; Carter, F.; Lonergan, P. 2012. Low numbers of ovarian follicles ≥ 3 mm in diameter are associated

with low fertility in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 95:2355-2361.

32. Osgerby, J. C.; Wathes, D. C.; Howard, D.; Gadd, T. S. 2002. The effect of maternal undernutrition on ovine fetal growth. *Journal of Endocrinology*. 173:131-141.
33. Park, S. J.; Beak, S. H.; Jung, D. J. S.; Kim, S. Y.; Jeong, I. H.; Piao, M. Y. I. 2018. Genetic, management, and nutritional factors affecting intramuscular fat deposition in beef cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 31(7):1043-1061
34. Philippou, A.; Maridaki, M.; Halapas, A.; Koutsilieris, M. 2007. The Role of the insulin-like Growth Factor 1 (IGF_1) in skeletal muscle physiology. (en línea). *In Vivo*. 21:45-54. Consultado feb. 2021. Disponible en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17354613/>
35. Picard, B.; Lefaucheur, L.; Berri, C.; Duclos, M. 2002. Muscle fibre ontogenesis in farm animal species. *Reproduction Nutrition Development*. 42(5):415-431.
36. Radunz, A. E. 2009. Effects of prepartum dam energy source on progeny growth, glucose tolerance, and carcass composition in beef and sheep. Thesis PhD. Columbus, USA. The Ohio State University. 218 p.
37. Ramírez, M.; Testa, L.; Valiente, S.; Latorre, M.; Long, N.; Rodriguez, A.; Pavan, E.; Maresca, S. 2020. Maternal energy status during late gestation: effects on growth performance, carcass characteristics and meat quality of steers progeny. *Meat Science*. 20:s.p.
38. Saravia, A.; César, D.; Montes, E.; Taranto, V.; Pereira, M. 2011. Manejo del rodeo de cría sobre campo natural. Montevideo, Instituto Plan Agropecuario. 80 p.
39. Simeone, A.; Beretta, V. 2005. Manejo nutricional en ganado de carne, suplementación y engorde a corral: cómo y cuándo integrarlo en el sistema ganadero. *In: Jornada de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (7ª, 2005, Paysandú, Uruguay)*. Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 8 – 28.

40. Stalker, L. A.; Ciminski, L. A.; Adams, D. C.; Klopfenstein, T. J.; Clark, R. T. 2007. Effects of Weaning Date and Prepartum Protein Supplementation on Cow Performance and Calf Growth. *Rangeland Ecology & Management*. 60:578-587.
41. Tygesen, M. P.; Harrison, A. P.; Therkildsen, M. 2007. The effect of maternal nutrition restriction during late gestation on muscle, bone and meat parameters in five month old lambs. *Livestock Science*. 110:230- 241.
42. Underwood, K. R.; Tong, J. F.; Price, P. L.; Roberts, A. J.; Grings, E. E.; Hess, B. W.; Means, W. J.; Du, M. 2010. Nutrition during mid to late gestation affects growth, adipose tissue deposition, and tenderness in cross-bred beef steers. *Meat Science*. 86:588-593.
43. Vann, R. C.; Althen, T. G.; Solomon, M. B.; Eastridge, J. S.; Paroczay, E. W.; Veenhuizen, J. J. 2001. Recombinant bovine somatotropin (rbST) increases size and proportion of fast-glycolytic muscle fibers in semitendinous muscle of creepfed steers. *Journal of Animal Science*. 79:108-114.
44. Wu, G.; Bazer, F.; Cudd, A.; Meininger, J.; Spencer, T. E. 2004. Maternal nutrition and fetal development. *The Journal of Nutrition*. 134:2169-2172.
45. Yan, X.; Zhu, M. J.; Dodson, M. V.; Du, M. 2013. Developmental programming of fetal skeletal muscle and adipose tissue development. *Journal of Genomics*. 1:29-38.
46. Zhu, M.; Ford, F.; Means, W.; Hess, B.; Nathanielsz, P.; Min Du. 2006. Maternal nutrient restriction affects properties of skeletal muscle in offspring. *The Journal of Physiology*. 575:241-250.